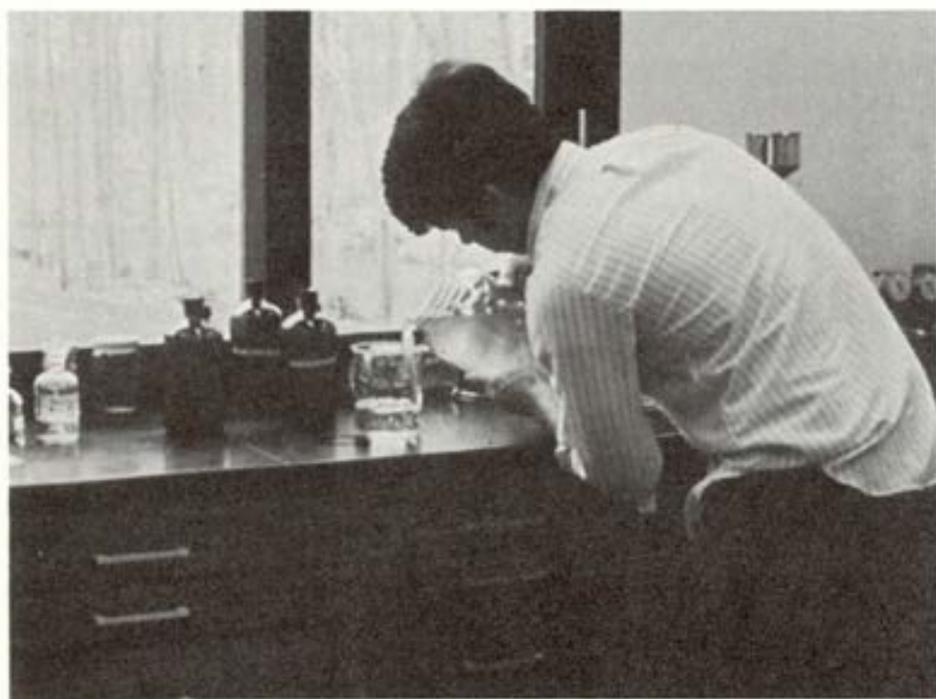


## Sección 5

### Problemas didácticos

# ¿Por qué el Laboratorio de Ciencias?



**S**I algo está claro es que, tanto profesores como alumnos, a todos los niveles, están poco satisfechos con el estado actual del planteamiento de los Laboratorios en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza. Los períodos de tiempo dedicados al Laboratorio se mantienen en los programas por razones que van, desde las de tipo legal (las disposiciones oficiales obligan a dedicarle un tiempo semanal) hasta las razones de tipo mítico-teórico (hay que defender, sin mucho convencimiento, que la experimentación es la parte más importante de una didáctica de las Ciencias de la Naturaleza). En muy pocos casos existe una práctica experimental que emane lógicamente de un planteamiento teórico racional. La consecuencia, en muchos casos, es un sentimiento de frustración y de pérdida de tiempo.

**S**E proponen muchas razones que pretenden explicar la imposibilidad de llevar a la práctica una teoría admitida del papel del laboratorio como medio didáctico en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza. Entre otras, se citan las siguientes: El elevado e inmanejable número de alumnos que hay que acomodar en cada turno de Laboratorio; la amplitud de los programas que exigen una velocidad de trabajo incompatible con el ritmo lento que impone cualquier experimentación; el inte-



## El Laboratorio tradicional inhibe el interés por el estudio de las Ciencias

rés poco definido de los alumnos por las Ciencias Experimentales, al menos inicialmente; la poca preparación de los profesores encargados de las clases (se puede detectar la contradicción de que cuanto más experiencia va teniendo el profesor de Ciencias más se va alejando hacia la impartición de clases teóricas); la dicotomía entre teoría y práctica, entre catedráticos teóricos y ayudantes de prácticas, entre materia estudiada en libros de texto y muestras de experimentos realizados en el Laboratorio. Pero quizá analizando más profundamente el problema, y a la vista de que en algunos casos el Laboratorio no es frustrante, lleguemos a la sospecha de que las causas de este fracaso no hay que buscarlas fuera, sino precisamente dentro del Laboratorio, y más en concreto en el enfoque con que se planifica. A continuación describimos algunos de estos enfoques.

### 1. Laboratorio tradicional

Como objetivo general se plantea el duplicar y repetir experimentalmente el proceso y conclusiones de fenómenos conocidos y analizados previamente en teoría, sin pretender fomentar la creatividad y originalidad del alumno. En concreto, con este enfoque de Laboratorio se pretende:

#### 1. Identificar principios científicos:

El Laboratorio es necesario para que los alumnos adquieran un conocimiento mejor y más duradero de los principios científicos estudiados ya teóricamente en el libro de texto. El Laboratorio ilustra una serie de principios y conceptos científicos y facilita su recuerdo, porque en él se utilizan más sentidos que en la clase teórica.

El Laboratorio ilustra una serie de principios y conceptos científicos y facilita su recuerdo, porque en él se utilizan más sentidos que en la clase teórica.

#### 2. Solucionar problemas:

El Laboratorio es necesario para ejercitarse en la resolución de problemas reales.

#### 3. Comprobar leyes:

El alumno tendrá una mayor confianza en las leyes de la Ciencia después de haber comprobado su validez en el Laboratorio.

#### 4. Manejar instrumentos:

En el Laboratorio el alumno adquirirá familiaridad y competencia en el uso de aparatos e instrumentos.

#### 5. Ser preciso:

El Laboratorio obliga a ser preciso y exacto para poder reproducir el resultado ya conocido.

Con el fin de alcanzar estos precisos objetivos se montan una serie de actividades o ejercicios para que el alumno practique y aplique lo que ya conoce. El ya sabe el resultado final y sólo va al Laboratorio a comprobarlo. Todos los alumnos siguen un mismo plan general que, en el mejor de los casos, sigue paralelamente a lo tratado en las clases teóricas. Las instrucciones que el profesor da al alumno siguen una amplia gama de criterios: van desde una enumeración detallada de los pasos que hay que dar («libro de cocina»), incluyendo tablas en blanco que hay que rellenar con los datos obtenidos, hasta unas normas más generales, pero que siempre indican cuál debe ser el resultado final. En resumen, el diseño del experimento está bien definido por el profesor y el alumno se reduce a seguir los pasos indicados.

Este enfoque inspira un diseño material de Laboratorio que se caracteriza por unas mesas fijas, con puestos de trabajo individuales alineados uno al lado del otro.

Control podría ser la palabra que resume el estilo pedagógico que predomina en el Laboratorio Tradicional. Se trata de dirigir al alumno para que su razonamiento evolucione hacia la conclusión prevista («pensamiento convergente»). El alumno debe «ver» ciertos temas fundamentales, realizar ciertas operaciones y ejercicios básicos, supervisado de cerca por el profesor y

siempre dentro de un plan (a veces también dentro de un calendario) previsto. Al final, al alumno ha de salir con unas ideas que se programan de antemano como buenas para él.

Son muchas las críticas que se han hecho de este enfoque tradicional. En general, podríamos calificarlo de fracaso, a juzgar por el poco interés y por las actitudes negativas hacia la Ciencia que crea en los alumnos. El Laboratorio Tradicional inhibe el interés por el estudio de las Ciencias. Algunas estadísticas arrojan hasta un 80 por 100 de alumnos bajo este tipo de enfoque tradicional que no estudiarían Ciencias si no fuera obligatorio.

En cuanto a los objetivos concretos citados anteriormente para el Laboratorio Tradicional se pueden hacer los comentarios siguientes (1):

#### 1. Principios:

El Laboratorio así planificado no es necesario, ni siquiera conveniente, para aprender los Principios Fundamentales de la Ciencia. Si el tiempo que se dedica al Laboratorio se dedicase al estudio teórico de la física, química, etc., se aprenderían más Principios y en menos tiempo.

#### 2. Problemas:

El Laboratorio es un método demasiado lento y caro para alcanzar este objetivo.

#### 3. Leyes:

Es verdad que si el alumno verifica una ley en el Laboratorio y encuentra que es verdad, le queda más grabada. Pero si sus resultados no coinciden con la ley, no modificamos la ley, sino que le mandamos de nuevo a estudiarla en el libro de texto. Por eso, esta experiencia está muy lejos de ser una genuina investigación científica.

#### 4. Instrumentos:

La experiencia da que, cuando un profesional debe usar un instrumento en la industria o en la

investigación, tiene que ponerse a estudiarlo y le vale muy poco el entrenamiento que ha tenido en el Laboratorio escolar.

#### 5. **Precisión:**

Para obtener precisión y exactitud hay que usar un instrumental caro que ordinariamente no tienen los Laboratorios escolares. El cálculo y la detección de errores tiene importancia, pero muy difícilmente puede llegar a constituir un objetivo del Laboratorio.

En resumen, el Laboratorio no es un medio rápido para aprender contenidos, ni siquiera es un medio necesario para esto. El Laboratorio es necesario para alcanzar otros objetivos. Si una teoría o una ley ya está clara, el científico la acepta como axioma y no va al Laboratorio. El científico va al Laboratorio porque le acucia la curiosidad para descubrir algo, para encontrar la respuesta a un problema. Si supiera la respuesta, no estaría allí. Si el alumno ya sabe la respuesta, tampoco debería estar allí.

## 2. **Laboratorio proyecto (2)**

En general, podemos decir que, en este enfoque de Laboratorio Libre, el objetivo es desarrollar una actitud creativa, dirigida a identificar y solucionar problemas personalmente y no a resolver los propuestos por otros, y mucho menos seguir y repetir las soluciones de otros. En concreto, se pretende:

#### 1. **Adquirir la Metodología Científica:**

El Laboratorio es un área única en donde se experimenta y se adquiere un conocimiento de los distintos métodos de investigación y técnicas de pensar que se usan en las Ciencias Experimentales. Se trata de sentir lo que siente el científico («ser científico por un día»). Un investigador tiene que diseñar su experimento y tomar una serie de decisiones para resolver un problema. El alumno se pone en la misma situación en el Laboratorio para entender y experimentar los planteamientos, métodos, dificultades, éxitos y fracasos de la investigación científica.

#### 2. **Otros objetivos de este enfoque:**

Estimular el interés por la ciencia, satisfacer la curiosidad científica, favorecer la independencia de pensamiento y la crítica intelectual, desarrollar la admiración de la labor de los científicos, aumentar la confianza en sí mismo, etc. (3).

Para todo esto se proponen unas actividades o experimentos en los que el alumno desconoce el resul-

tado; al contrario, se trata de que lo descubra. Se le proponen uno o varios pasos de los que constituyen el método científico clásico: formulación del problema, hipótesis, experimento para controlar todas las variables menos una y observar su influencia en las otras, toma de datos, interpretación, conclusión, etc.

Para realizar estas experiencias no es necesario un equipo caro; son preferibles unos instrumentos sencillos que eliminen, en lo posible, todo efecto de «caja negra», y versátiles, que se puedan utilizar para descubrir una amplia gama de principios y leyes. Se tiende más a la utilización de instrumentos baratos y técnicamente sencillos, pero que exigen un diseño basado en ideas caras e imaginativas.

El alumno entra en el Laboratorio sin esquema, para recorrer solo un camino cada vez más largo: al principio se le dan todos los pasos iniciales y se le pide el último, las conclusiones; luego, se le pide que diseñe también el experimento; más tarde, que formule sus propias hipótesis, hasta llegar al final en que él mismo tiene que plantearse incluso los problemas. Los ejemplos más conocidos de este enfoque de Laboratorio Libre son los «Proyectos», que pueden ir, desde hacer una colección de minerales, hasta inventar un proceso original de controlar una corrosión electrolítica. Estos proyectos no deben ser exclusivos de trabajos de final de carrera. He aquí algunos ejemplos para alumnos de primeros años de Enseñanza General Básica:

— «Los alumnos entran en un Laboratorio y encuentran un muelle de acero y una hoja de papel sobre sus mesas. El problema está escrito en el encerado y dice: Cuáles son las características del muelle que está sobre tu mesa? Cada alumno decide lo que va a hacer. Cada uno dedica más o menos tiempo y llega más o menos lejos: unos determinan los movimientos armónicos de sus muelles; otros, la influencia de la temperatura; otros, en fin, miden resistencias, fatigas, etc.»

— «Otro día encuentran una caja cerrada y una hoja de papel en blanco. El problema es: Identificar lo que hay dentro de la caja. Los alumnos llegan a formular el estado del objeto, el tamaño y peso aproximado, la forma, si es suave, blando o duro, si está vivo, etc.»

— «Diez vasos con sustancias como: alcohol, éter, acetona, tetracloruro de carbono, agua, soluciones acuosas de cloruro de bario, glicerina, aceite, vinagre. Los vasos sólo llevan un número. Primero deben agotar todas las posibilidades de observación directa sin usar ningún instrumento. Después que han formulado sus primeras conclusiones pueden usar técnicas más complicadas, con-

sultando libros para estudiar sus propiedades.»

El aspecto material del Laboratorio Libre está muy lejos de aquella construcción sólida tradicional. Flexibilidad es la palabra que califica el diseño de este enfoque. Las mesas, con frecuencia, son móviles y siempre permiten diversos agrupamientos de alumnos: un trabajo individual, un proyecto en equipo, una explicación teórica del profesor a todo el grupo...

El estilo pedagógico se inspira en una autonomía pedagógica que da libertad al alumno para dejarse llevar de sus intereses y seguir su propio proceso de aprendizaje, para llegar a sus conclusiones personales («pensamiento divergente»). Hawkins (4) lo resumió con su feliz frase: «Messing about in Science» (Urgar en la Ciencia). Se basa en la creencia de que el trabajo del Laboratorio no tiene por qué ser pesado y aburrido; al contrario, se puede y debe pasar bien y gozar con la experimentación. El papel del profesor se hace más difícil, puesto que su función es proporcionar a los alumnos una atmósfera rica y estimulante sin caer nunca en la tentación de diseñarles el proceso y llevarles de la mano, porque entonces se volvería al esquema tradicional de laboratorio dirigido.

Son obvias las críticas que se hacen de este enfoque. Podemos citar algunas:

— Pocos son los temas de un programa oficial, normalmente sobrecargado, que se podrían tratar con este enfoque.

— En la mayoría de los casos la organización del Laboratorio evolucionaría a una situación de caos.

— Tener que descubrirlo todo supone una pérdida de energía: la mayoría de los objetivos de una programación de Ciencias se pueden alcanzar por medios más rápidos y directos.

— Si el resto de la estructura educativa se mantiene en sus líneas tradicionales este enfoque se ahogaría en medio de ella.

— La mayoría de los Laboratorios no están dotados de instrumentos, instalaciones, etc., adecuadas para estructurar este tipo de enfoque.

— Aunque a un alumno le guste seguir con un experimento mucho tiempo las normas administrativas y la organización escolar se lo impedirían.

— Si cada alumno sigue un proceso distinto, los criterios de evaluación sólo se complican y dificultan.

En el fondo de todas estas dificultades y de sus posibles réplicas subyace el eterno dilema: La educación como transición cultural o como preparación de nuevos

aprendizajes. Para la primera opción, el Laboratorio Libre no permite terminar los programas normales; para la segunda, sólo el Laboratorio Libre da sentido a la educación. La primera tiene por objetivo el transmitir el mayor número de contenidos del acervo cultural del momento, para lo que la lentitud del Laboratorio Proyecto es una pérdida de tiempo y energía. La segunda tiene como objetivo el «Aprender a Aprender», por lo que el Laboratorio Libre se hace indispensable y exclusivo.

ración intermedia que trata de recoger las ventajas del Tradicional y del Libre.

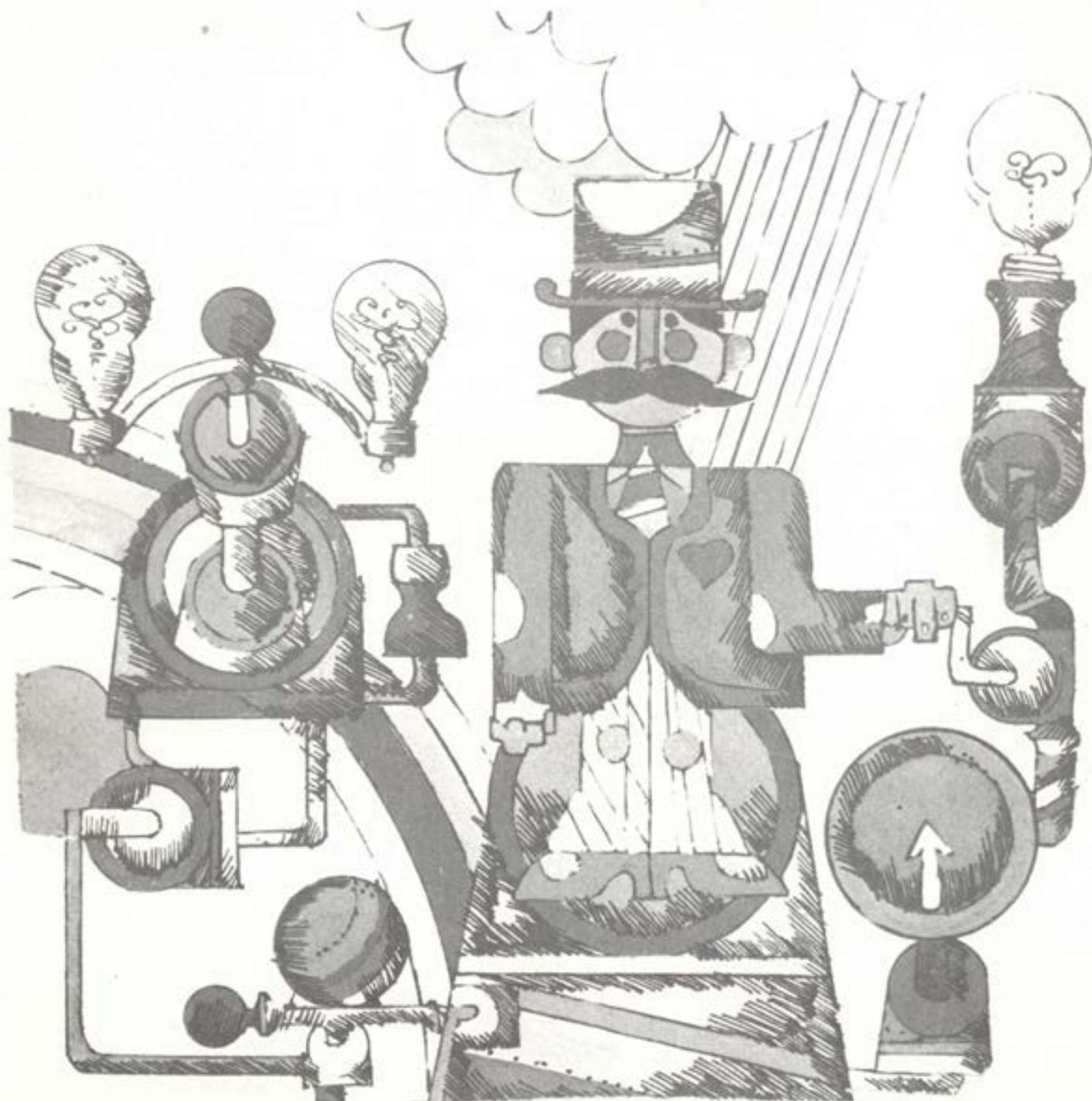
Se comienza siempre con un bloque de **ejercicios** (no experimentos) obligatorios, al estilo del Laboratorio Tradicional, que satisfagan un mínimo de requisitos para dominar las técnicas y conceptos básicos del tema que se trate.

A continuación se propone un bloque de experimentos (no ejercicios) relacionados entre sí y más o menos equivalentes. El alumno puede elegir uno u otro según sus

siguiendo así diversos caminos de investigación.

En un bloque final se permitirá investigar algunos aspectos en profundidad. La programación de estos cuatro bloques (ejercicios-experimentos equivalentes-experimentos ramificados-investigaciones) se hace cíclicamente de tal manera que todos los alumnos empiecen periódicamente con el bloque de ejercicios obligatorios y de ahí se vayan diversificando.

Un ejemplo podría ser el siguiente (6).



### 3. Laboratorio divergente (5)

Entre un Laboratorio completamente estructurado y otro completamente libre hay una gama enorme de matices. El Laboratorio Divergente propone una estructu-

intereses, conocimientos y capacidades. El profesor ofrece varios y el alumno elige entre los propuestos.

En una tercera fase se siguen proponiendo **experimentos**, pero ya ramificados (no equivalentes), en donde lo típico es que el profesor señale los puntos en donde el alumno tenga que hacer elecciones,

#### El péndulo:

Hallar las variables que influyen en el período de un péndulo.

#### Primera fase:

Investigar la relación entre período y amplitud. Al final se tiene una Puesta en Común para evaluar

y corregir las faltas que se cometieron; se toman también decisiones sobre distribución del tiempo para hacer gráficas, tomar datos, etc.

#### Segunda fase:

Se repite la experiencia. Normalmente las cosas salen ahora mejor. La labor del profesor se concentra aquí en recordar las conclusiones de la Puesta en Común. Los alumnos hacen experiencias con distintas variables; al final se vuelve a hacer una Puesta en Común para reunir los resultados de toda la clase y formular unas conclusiones más claras.

#### Tercera fase:

Ampliación de experimentos un poco más complicados para los alumnos más adelantados; por ejemplo: variables del movimiento armónico.

### 4. Laboratorio simulado

Para terminar, debemos añadir un enfoque más, diseñado por Suchman (7), que intenta suplir la falta de experimentación directa por medio de un proceso imaginativo-verbal.

El profesor presenta un problema científico; es decir, una serie de datos o fenómenos aparentemente contradictorios. Para ello puede hacer una descripción oral o escrita y, mejor aún, a través de algún medio AV (diapositivas, transparencias, películas Super-8). Por ejemplo: «Si se deja libre un chorro de agua cae de un nivel superior a otro inferior, pero si se instala un tubo en forma de sifón el agua pasa de un nivel inferior a otro superior contradiciendo aparentemente una serie de leyes físicas conocidas por el alumno.»

A partir de este momento la iniciativa la coge el alumno, que debe formular sus hipótesis, al menos mentalmente, y luego empezar a hacer preguntas; pero sólo se permiten aquellas que se puedan contestar sencillamente con Sí/No. En realidad, estas preguntas vienen a sustituir aquellos experimentos que el alumno podría hacer para probar o invalidar sus hipótesis sobre el problema planteado. Por ejemplo: «Si se utiliza otro líquido distinto de agua, ¿se tendrían los mismos resultados?» Por eso las preguntas no se deben hacer anárquicamente, sino que deben responder a un examen sistemático de cada una de las hipótesis formuladas.

Se debe empezar por hacer preguntas para identificar, verificar y medir los parámetros del problema:

- Objetos visibles o invisibles, familiares o desconocidos, importantes o no significativos.
- Sistemas: objetos que forman una unidad.
- Propiedad de los objetos.

— Condiciones: Cualidades y circunstancias de los objetos o sistemas.

— Sucesos: Cambios de las condiciones de los objetos o sistemas.

Una vez identificados los parámetros anteriores se pasa a realizar imaginativamente el experimento para identificar las condiciones necesarias y suficientes para producir un determinado suceso.

Es importante que, una vez expuesto el problema, la iniciativa y el control de la experimentación imaginativa sea del alumno. El profesor nunca debe añadir interpretaciones ni explicaciones; se debe reducir a responder Sí/No; es decir, dar sólo aquellos datos que se podrían obtener por observación en el Laboratorio. Si la pregunta no está clara o exige interpretación se contesta: «depende», «se necesitan más datos», lo que quiere decir que el experimento no está bien diseñado y las variables no están suficientemente controladas. La clave está en enseñar al alumno a hacer preguntas que respondan a un examen sistemático.

Finalmente, el alumno debe sacar sus conclusiones formulando los principios, teorías, generalizaciones que expresen las relaciones entre las variables significativas, dando así una solución al problema propuesto.

He aquí la transcripción parcial de un diálogo profesor-alumno representativo de este tipo de Laboratorio Simulado. Después de proyectar una película con la experiencia de una bola que primero pasa por un anillo y luego no lo hace, el diálogo se desarrolla de la siguiente manera: (8)

Alumno: *¿Al empezar estaban la bola y el anillo a temperatura ambiente?*

Profesor: *Sí.*

A.: *¿La bola pasaba al principio por el anillo?*

P.: *Sí.*

A.: *¿Pasaba la bola después que se puso al fuego?*

P.: *No.*

A.: *Si se hubiese calentado el anillo en vez de la bola, ¿se tendrían los mismos resultados?*

P.: *No.*

A.: *Si se hubiesen calentado los dos a la vez, ¿pasaría la bola?*

P.: *Depende.*

A.: *Si los dos se hubiesen calentado a la misma temperatura, ¿hubiese pasado la bola?*

P.: *Sí.*

A.: *¿Tiene la bola el mismo tamaño antes y después de calentarse?*

P.: *No.*

A.: *Hubiese pasado lo mismo si fuera de otro metal?*

P.: *Sí.*

Hasta aquí el análisis de algunos enfoques con los que se puede planificar el Laboratorio de Ciencias. En principio, tendríamos que afirmar que todos son válidos para alcanzar unos determinados objetivos.

Antes de sacar conclusiones sobre la eficacia, viabilidad, éxito o fracaso del Laboratorio de Ciencias habría que plantearse claramente el objetivo que se pretende alcanzar, para luego poder seleccionar el enfoque adecuado y programar consecuentemente las actividades. Si se pretende, por ejemplo, que los alumnos se acerquen a las experiencias reales de los científicos no se podrá elegir un enfoque Tradicional de Laboratorio, porque la consecuencia será un sentimiento de frustración y fracaso. Sería necesario decidirse por un enfoque más libre o Divergente. Si se quieren obtener estos últimos objetivos, pero no se dispone de los instrumentos adecuados, la planificación habría que hacerla tomando como base el Laboratorio Simulado. Quizá lo que resulte más difícil es encontrarse con un objetivo que exija un planteamiento Tradicional.

ENRIQUE SOLER  
MARIA EMILIANA  
POSADILLA SANTOS

#### NOTAS

- (1) EATON, V. E.: «What purpose does the College Laboratory serve?», ciclostilado, leído en la «Northwestern Conference», 1954.
- (2) NOVAK, A.: «Scientific Inquiry in the Laboratory», *The American Biology Teacher*, mayo 1963, pp. 342-346.
- (3) THURBER, W. A., y COLLETTE, A. J.: *Teaching Science in Today's Secondary Schools*. Allyn and Bacon, Boston, 1968, pp. 173 y 536.
- (4) HAWKINS, D.: «Messing about in Science», *Science and Children*, vol. 2, febrero 1965.
- (5) IVANY, J. W. G., y PARLETT, M. R.: «The Divergent Laboratory», *American Journal of Physics*, vol. 36, núm. 11, noviembre 1968, pp. 1072-1080.
- (6) ROGERS, E. M.: «It's your Experiment», ciclostilado, leído en el Congreso de TEPLA, 1954.
- (7) SUCHMAN, J. R.: «Inquiry training: Building Skills for autonomous discovery», (*Merrill-Palmer Quart. Behav. Develop.*, vol. 7, 1961, pp. 147-169).
- (8) SUCHMAN, J. R.: «Inquiry Training in the Elementary School», *The Science Teacher*, fol. 27, noviembre 1960, pp. 42-47.